

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-168706

(43)Date of publication of application : 22.06.2001

(51)Int.Cl.

H03K 19/177

(21)Application number : 11-347798

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 07.12.1999

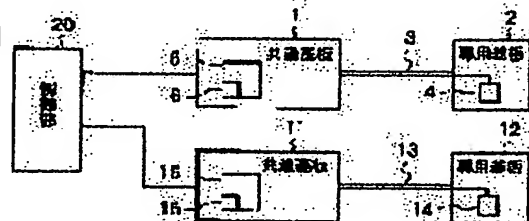
(72)Inventor : SAKAMOTO MITSUHIRO

## (54) UNIT AND UNIT SUBSTRATE CONNECTION CONFIRMATION METHOD

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To easily perform correct/error confirmation of the program of FPGA loaded on the same substrate and the correct/error confirmation of a connected substrate.

**SOLUTION:** The FPGA of a common substrate 1 reads the dedicated substrate ID 4 of a dedicated substrate 2 and a program ID 6 inside an FPGA program 5 by control signals from a control part 20 and responds to the control part 20. The control part 20 judges whether it is a correct combination or an erroneous combination from the responded dedicated substrate ID 4 and program ID 6, displays the result by a method not shown in Fig. and requests correction when it is an erroneous combination.



(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2002-168706

(P 2002-168706A)

(43) 公開日 平成14年6月14日(2002. 6. 14)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 0 1 L 3/10

G 0 1 L 3/10

A 3D030

B 6 2 D 1/20

B 6 2 D 1/20

審査請求 未請求 請求項の数 2 1 O L

(全 1 1 頁)

(21) 出願番号 特願2001-355694(P2001-355694)

(22) 出願日 平成13年11月21日(2001. 11. 21)

(31) 優先権主張番号 0028385. 3

(32) 優先日 平成12年11月21日(2000. 11. 21)

(33) 優先権主張国 イギリス (G B)

(71) 出願人 597082577

ファースト イナーシャ スイッチ リミ  
テッド

FIRST INERTIA SWITC  
H LIMITED

イギリス国 ジーユー14 0エヌゼット

ハンツファーンバラ サウスウッド サミ  
ット アベニュー コロンブス ドライブ2

(74) 代理人 100089705

弁理士 社本 一夫 (外5名)

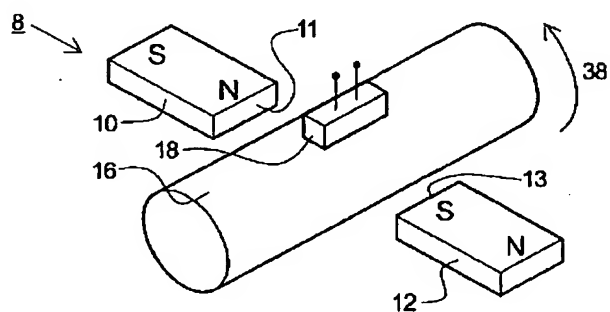
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 トルクセンサ及びトルク感知方法

(57) 【要約】

【課題】 シャフト又はシャフトに取り付けられたカラーを永久的に磁化する必要がなく、その結果、カラー又はそのシャフトを永久的に磁化する製造工程が必要がなくなり、製造が大幅に簡単になるトルクセンサを提供する。

【解決手段】 トルクセンサ8は、磁歪材料製シャフト16と、一対の磁石10、12を備える。一対の磁石10、12は、反対極性の磁極11、13の間でシャフト16に局所的磁界を誘導するようにシャフト16の周囲に配置される。シャフト16に加えられたトルク38は、シャフトから漏れる局所的磁界の成分を検出するように磁極11、13間でシャフト16の周囲に配置された磁束検出器18によって検出される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 磁歪材料を含むシャフトと、互いに反対極性の磁極の対であって、これら反対極性の磁極の間で前記磁歪材料内に局所的磁界を誘導するように前記シャフトの周囲に配置された磁極の対と、前記シャフトにトルクが加わったときに前記磁歪材料から漏れる前記局所的磁界の成分を検出するトルク感知用磁束検出器と、を備えたトルクセンサ。

【請求項 2】 前記磁極の一つが発生させた磁界を前記シャフトに透過する前に検出する磁力監視用磁束検出器を更に備えた請求項 1 に記載のトルクセンサ。

【請求項 3】 前記磁極は永久磁石の磁極である請求項 1 又は請求項 2 に記載のトルクセンサ。

【請求項 4】 前記磁極は電磁石の磁極である請求項 1 又は請求項 2 に記載のトルクセンサ。

【請求項 5】 前記シャフトは中空である請求項 1 から請求項 4 のいずれか一つに記載のトルクセンサ。

【請求項 6】 前記シャフトは、実質的に前記磁歪材料だけから形成されている請求項 1 から請求項 5 のいずれか一つに記載のトルクセンサ。

【請求項 7】 前記シャフトは、非磁歪材料製の主本体と、磁歪材料製の外層を備えた請求項 1 から請求項 5 のいずれか一つに記載のトルクセンサ。

【請求項 8】 前記シャフトは、低透磁率材料層によって取り囲まれた磁歪材料製又は非磁歪材料製の主本体を備え、前記低透磁率材料層は、磁歪材料製の外層によって取り囲まれている請求項 1 から請求項 5 のいずれか一つに記載のトルクセンサ。

【請求項 9】 前記シャフトの周囲に配置された互いに反対極性の磁極の対であって、前記シャフトの半径方向外側部分での局所的磁界を高めるように前記反対極性の磁極が前記シャフトに面する磁極の対を、更に備えたことを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか一つに記載のトルクセンサ。

【請求項 10】 前記トルク感知用磁束検出器から前記シャフトの周方向にずらして前記シャフトの周囲に配置された少なくとも一つの別のトルク感知用磁束検出器を備えた請求項 1 から請求項 9 のいずれか一つに記載のトルクセンサ。

【請求項 11】 前記互いに反対極性の磁極の対は、前記シャフトを貫いて延びる軸線を形成する第 1 及び第 2 の磁極を備えた請求項 1 から請求項 10 のいずれか一つに記載のトルクセンサ。

【請求項 12】 前記互いに反対極性の磁極の対は、前記シャフトの周面の接線方向に整合する軸線を形成する第 1 及び第 2 の磁極を備えた請求項 1 から請求項 9 のいずれか一つに記載のトルクセンサ。

【請求項 13】 前記互いに反対極性の磁極の対は、単一の磁石の磁極である請求項 12 に記載のトルクセン

サ。

【請求項 14】 前記トルク感知用磁束検出器から周方向にずらして前記シャフトの周囲に配置された別のトルク感知用磁束検出器を更に備えた請求項 12 又は請求項 13 に記載のトルクセンサ。

【請求項 15】 前記トルク感知用磁束検出器及び前記別のトルク感知用磁束検出器は、前記互いに反対極性の磁極の対から周方向にずらして前記シャフトの両側に配置された請求項 14 に記載のトルクセンサ。

【請求項 16】 磁歪材料を含むシャフトと、互いに反対極性の磁極の対であって、これら反対極性の磁極の間で前記磁歪材料内に局所的磁界を誘導するように前記シャフトの周面に対して接線方向に整合した軸線を形成する磁極の対と、前記シャフトにトルクが加わったときに前記磁歪材料から漏れる前記局所的磁界の成分を検出する少なくとも一つのトルク感知用磁束検出器と、を備えたトルクセンサ。

【請求項 17】 前記少なくとも一つのトルク感知用磁束検出器は、前記互いに反対極性の磁極の対から周方向にずらして前記シャフトの周囲に配置された一対のトルク感知用磁束検出器を備えた請求項 16 に記載のトルクセンサ。

【請求項 18】 磁歪材料を含むシャフトと、互いに反対極性の磁極の第 1 の対であって、第 1 の局所的磁界を前記磁歪材料内に第 1 の周方向に向けて誘導するように前記シャフトの周面に対して接線方向に整合した第 1 の軸線を形成する第 1 の対と、

互いに反対極性の磁極の第 2 の対であって、第 2 の局所的磁界を前記磁歪材料内に前記第 1 の周方向とは逆の第 2 の周方向に向けて誘導するように前記シャフトの周面に対して接線方向に整合した第 2 の軸線を形成する第 2 の対と、

前記シャフトにトルクが加わったときに前記磁歪材料から漏れる前記第 1 及び第 2 の局所的磁界の第 1 及び第 2 の成分を検出する第 1 及び第 2 のトルク感知用磁束検出器と、を備えたトルクセンサ。

【請求項 19】 請求項 1 から請求項 18 のいずれか一項に記載のトルクセンサを備えたステアリングコラム。

【請求項 20】 請求項 1 から請求項 18 のいずれか一項に記載のトルクセンサを備えたギヤボックス。

【請求項 21】 (a) 磁歪材料を含むシャフトを提供する工程と、(b) 互いに反対極性の磁極間で前記磁歪材料内に局所的磁界を誘導するように前記シャフトの周囲に配置された互いに反対極性の磁極の対を用いて、前記シャフトに外部磁界を加える工程と、(c) 内部磁界が前記磁歪材料から漏れ出るように前記シャフトにトルクを加える工程と、(d) 前記内部磁界の漏れ出た成分を検出し、これに応じてトルク信号を提供する工程と、

を備えたトルク感知方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はトルクセンサに関し、更に詳細には磁歪トルクセンサに関する。

【0002】

【従来の技術】磁歪効果とは、磁界に露呈された場合の寸法変化、又はその逆の作用、即ち外部応力による材料の磁性の変化とすることができる。この逆の磁歪作用は、場合によっては、磁気弾性効果と呼ばれるが、本願では専ら磁歪という用語を使用する。一般的には、磁歪効果は強磁性体と関連する。

【0003】米国特許第5,351,555号には、回転するシャフトに使用できる磁歪型非接触式トルクセンサが開示されている。添付図面のうちの図16を参照すると、トルクセンサは、シャフト116にぴったりと嵌着したカラー120を含む。このカラー120は、図において矢印で示すようにシャフトの周りで周方向に磁化される。シャフト116にトルク138が加えられると、トルクがカラー120に伝えられ、カラーに螺旋状磁界を誘導する。外部に配置した磁束検出器118によって螺旋状磁界の成分を感知し、ここからトルクの大きさを推定できる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】これらの設計は良好に作用するけれども、幾つかの理由により批判されてきた。一つの問題点は、高トルク状態では、カラーがシャフト上で滑ってしまう場合があるということである。別の問題点は、カラーを製造し、これをシャフトに嵌着することと関連した製造費用である。この費用は高過ぎると言われてきた。

【0005】WO99/21150、WO99/21151、及びWO99/56099には、カラーを用いた設計の欠点を解消しようとするトルクセンサの様々な設計が開示されている。これらの比較的最近の設計では、シャフトそれ自体の一部を磁化し、これによって別体の磁化させたカラーを不要にする。添付図面のうちの図17は、これらのカラーなし設計の一例を示す。シャフト116は、カラーを用いた設計におけるのと同様に周方向に即ちシャフトの周囲で磁氣的に分極させた部分122を一体に有する。多数の分極領域を設け、隣接したドメインは、二つのこのようなドメインが示してある図面に示すように磁氣的に反対の極性を備えていることが好ましい。シャフトにトルクが加わると、シャフト外部の磁界が変化する。これをカラーを用いた設計と同様に適当な磁束検出器118で計測する。

【0006】これらの設計に共通した一つの問題点は、これらの設計がカラー又はシャフトの永久的な分極に基づいているということである。磁気分極は製造中に誘導されるが、製造上の変化により分極の強さが変化してし

まい、これによりセンサ間で感度がばらついてしまう。この変化を制御するための方法がWO99/56099で提案されている。しかしながら、この方法は非常に複雑である。更に悪いことには、上述の設計は全て、センサの磁気分極部分の長期に亘る安定性に左右され、これを仮定している。磁気分極が減衰した場合には、シャフトに加えられた所与の外部トルクにより発生する磁束検出器の出力が低下してしまう。従って、正確な感度を必要とする場合には、定期的に再校正を行う必要がある。減衰が更に進むと、トルクセンサの磁化部分の再磁化、又はセンサ全体を交換することが必要になる。

【0007】従って、本発明の目的は、従来技術におけるような磁気分極の強さに対する依存性を低くできるトルクセンサを提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の特徴によれば、磁歪材料を含むシャフトと、互いに反対極性の磁極の対であって、これら反対極性の磁極の間で前記磁歪材料内に局所的磁界を誘導するように前記シャフトの周囲に配置された磁極の対と、前記シャフトにトルクが加わったときに前記磁歪材料から漏れる前記局所的磁界の成分を検出するトルク感知用磁束検出器とを備えたトルクセンサが提供される。

【0009】これにより、トルクが加えられる構成要素即ちシャフト又はそのカラーに、上述した総ての従来技術の設計では必須であった永久的に磁気分極した部分が必要なくなる。その代わりに、トルクが加えられる構成要素における磁界は、外部磁界によって誘導される。そのため、磁界の強さは、例えば外部磁極と接近して配置された追加の磁束検出器によって容易に計量できる。提案の設計の別の効果は、カラー又はシャフトを永久的に磁化させる従来技術の製造工程が完全になくなり、その結果、トルクセンサの製造が大幅に簡略化されることである。

【0010】磁歪シャフトは、多くの種類のステンレス鋼、工具鋼、及びNi-Fe合金を含む様々な強磁性体から製造できる。これにより、トルクが加えられるシャフトを含む構成要素に、磁歪トルクセンサを組み込むことができる。なぜなら、シャフトは磁化させる必要がなく、特別のコーティング又はカラーをシャフトに取り付ける必要もないからである。

【0011】一実施形態では、磁歪トルクセンサは、磁歪材料層で取り囲まれた非強磁性体製の主本体を持つ磁歪シャフトを含む。この種のセンサは、シャフトの選択において設計を自由にできるため、特に有利である。例えば、シャフトは非強磁性体又は複合材料で形成できる。

【0012】磁石は永久磁石でも電磁石でもよい。磁石の強さの独立した計測値を提供するため、磁石と隣接して配置された別の磁束検出器を設けることができる。別

の磁束検出器の出力は、トルクを計測するための磁束検出器からの出力と組み合わせることができ、これにより、磁石の強さの変化を補償できる。この構成は、計測中にシャフト又はそのカラーの何れかの永久的な周方向磁界を計量できない従来技術よりも有利である。従来技術のセンサは、較正のために周知のトルクをセンサに加える必要があり、これは、例えば自動車のステアリングコラムの場合のように、实际的でないか或いは困難である場合がある。

【0013】本発明には、広範に亘る用途がある。例えば、本発明を具体化したトルクセンサは、自動車のステアリングコラム又は自動車のギヤボックスに組み込むことができる。ギヤボックスの場合には、ギヤボックスの主シャフトのトルクを計測するためにトルクセンサを配置でき、例えばギヤボックスケーシング内に配置される。

【0014】本発明の第2の特徴によれば、(a) 磁歪材料を含むシャフトを提供する工程と、(b) 互いに反対極性の磁極間で前記磁歪材料内に局所的磁界を誘導するように前記シャフトの周囲に配置された互いに反対極性の磁極の対を用いて、前記シャフトに外部磁界を加える工程と、(c) 内部磁界が前記磁歪材料から漏れ出るように前記シャフトにトルクを加える工程と、(d) 前記内部磁界の漏れ出た成分を検出し、これに応じてトルク信号を提供する工程と、を備えたトルク感知方法が提供される。

【0015】一実施形態では、トルクセンサは、磁歪材料を含むシャフトと、互いに反対極性の磁極の対であって、これら反対極性の磁極の間で前記磁歪材料内に局所的磁界を誘導するように前記シャフトの周面に対して接線方向に整合した軸線を形成する磁極の対と、前記シャフトにトルクが加わったときに前記磁歪材料から漏れる前記局所的磁界の成分を検出する少なくとも一つのトルク感知用磁束検出器と、を備える。この実施形態では、少なくとも一つのトルク感知用磁束検出器は、好ましくは、前記互いに反対極性の磁極の対から周方向にずらして前記シャフトの周囲に配置された一対のトルク感知用磁束検出器を備える。

【0016】別の実施形態では、トルクセンサは、磁歪材料を含むシャフトと、互いに反対極性の磁極の第1の対であって、第1の局所的磁界を前記磁歪材料内に第1の周方向に向けて誘導するように前記シャフトの周面に対して接線方向に整合した第1の軸線を形成する第1の対と、互いに反対極性の磁極の第2の対であって、第2の局所的磁界を前記磁歪材料内に前記第1の周方向とは逆の第2の周方向に向けて誘導するように前記シャフトの周面に対して接線方向に整合した第2の軸線を形成する第2の対と、前記シャフトにトルクが加わったときに前記磁歪材料から漏れる前記第1及び第2の局所的磁界の第1及び第2の成分を検出する第1及び第2のトルク

感知用磁束検出器と、を備える。

【0017】別の実施形態では、トルクセンサは、磁歪材料を含むシャフトと、このシャフトを通して延びる軸線を形成する互いに反対極性の磁極の対と、シャフトにトルクが加わった場合に磁歪材料から漏れる局所的磁界の成分を検出する少なくとも一つのトルク感知用磁束検出器を備える。

【0018】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の第1実施形態による磁歪センサ8の概略図である。磁歪センサ8は、検出されるべきトルク38を図に矢印で示すように加えることができるシャフト16を含む。シャフト16は、磁歪材料で形成されているが、それ自体が永久的に磁化されることはない(冒頭で言及した従来技術の設計とは対照的である)。シャフトを永久的に磁化する代わりに、シャフト16を一対の永久磁石10及び12が発生する外部磁界によって原位置で磁化する。

【0019】シャフト16は、磁歪材料である「テルフェノールD(Terfenol-D)」で形成されている。この材料は、磁歪係数 $\lambda = \Delta L / L$ が非常に高く、 $2000 \times 10^{-6}$ 程度である。一般的には、磁歪係数が少なくとも $20 \times 10^{-6}$ の材料がシャフトに対して好ましいが、これよりも低い磁歪係数の材料でできたシャフトもまた機能する。

【0020】シャフト用の他の適当な材料の幾つかの例には、以下の材料が含まれる。

1. マレージングNi-Fe合金
2. 17-4PH、17-7PH、及び15-5PHのステンレス鋼
3. 工具鋼
4. Ni含有量が14-28%のNi-Fe
5. Ni含有量が42-65%のNi-Fe
6. Ni-Fe合金718 (AMS 5663E)
7. アロイ・スーパーメット625 (Alloy Supermet 625)
8. パーメノーム5000H2 (Permenorm 5000 H2)
9. ディマグ1, 2 (Dimag 1, 2) 及びディマグX (Dimag X)

10. Fe/B/Si合金

永久磁石10及び12は、一対の互いに反対極性の磁極11及び13(即ちN極及びS極)がシャフトの周囲に配置されシャフトに向いている。これにより、互いに反対極性の磁極11と13の間でシャフトの磁歪材料内に局所的磁界が誘導されるようになっている。図では、永久磁石10及び12は、磁歪シャフト16を中心として直径方向に向き合うように配置されており、これらの磁石の一端面11及び13は、磁歪シャフト16の表面に対して接線方向に延びている。

【0021】変形例の構造(図示せず)では、一対の磁石の代わりに一つの永久磁石を使用できる。この場合、

一つの永久磁石の個々の磁極を第1実施形態の二つの磁石の磁極11及び13と同じ位置に配置する。例えば、蹄鉄状磁石がこのような構造を可能にする。

【0022】磁束検出器18は、シャフトにトルク38が加わった場合に磁歪材料から漏れる局所的磁界の成分を検出するように、永久磁石10と12の間のシャフト周囲に配置されている。好ましい磁束検出器18は、飽和型コイル検出器である。しかしながら、様々な他の磁束検出器、例えばホール検出器、磁気抵抗、マグネトトランジスタ、MAGFET（磁界効果トランジスタ）10を使用できる。

【0023】図2は、第1実施形態の磁歪センサ8の断面図である。シャフト16内の磁束通路を線22で示す。これらの磁束通路は、磁石10のN極11から空隙を横切ってシャフト16の表面に延びた後、シャフト16内をおおよそN極からS極へ方向に延び、シャフト16の表面とS極13との間の別の空隙を横切る。シャフト16内部の磁界は、磁界の局所方向への磁歪ドメインの整合を引き起こす。

【0024】永久磁石10及び12は、半円形の断面形状を持つ磁気ループ部材20によって連結されている。ループ部材20は、磁界22が高度に閉じ込められるように永久磁石10及び12の先端に接合されており、これによって、磁歪シャフト16を透過する磁界が増大され、漂遊磁界が減少される。

【0025】本実施形態では、永久磁石10及び12は焼結NiFeBr合金製であり、約350mTの磁束密度を発生する。しかしながら、強度が低い（又は高い）磁石を使用できる。永久磁石が発生する磁束密度の固有の値は、磁歪シャフトの組成及び寸法及び磁歪シャフト30に加わるトルク38の範囲で決まる。

【0026】使用にあたっては、磁歪シャフト16は、この磁歪シャフト16に加えられたトルクに応じて磁界を発生し、この磁界によりシャフト内の磁歪ドメインを再整合させる。トルク38により発生する磁界は、永久磁石10及び12が発生する磁界を摂動させる。磁束検出器18はこの摂動を検出する。磁束検出器18からの出力信号は、全体として、トルク38の大きさを示す。応答が完全には線型でない程度まで、これを出力信号の校正と適当な演算処理によって補償できる。シャフト16は、例えば自動車又は他の車輛のステアリングコラムであり、磁束検出器18からの出力は、電動補力式ステアリング制御システムへのフィードバックとして使用される。

【0027】図3は、本発明の第2実施形態によるトルクセンサを示す。第1実施形態と同様に、シャフト16は磁歪材料でできており、一対の永久磁石10及び12が発生しシャフト16に侵入する外部磁界によって原位で磁化される。永久磁石10及び12は、一対の互いに反対極性の磁極11及び13（即ちN極及びS極）が50

シャフトの周囲にシャフトを向いて配置されるように置かれる。これらの互いに反対極性の磁極は、シャフトの磁歪材料中に局所的磁界を誘導する。この磁界は、互いに反対極性の磁極11及び13間を通過する。シャフトにトルク38が加わった場合に磁歪材料から漏れる局所的磁界の成分を検出するように、一対の磁束検出器18がシャフトの半径方向外側に永久磁石10と12との間に配置されている。中空シャフト構造では、磁束検出器18をシャフトの中空部分の内側に配置することもできる。磁石10及び12の先端を連結するため、及び両磁石10及び12、及び両磁束検出器18を保持するため、磁性体製リング30もまた設けられている。

【0028】第2実施形態のトルクセンサ8は、主としてシャフト16が中実でなく中空であるという点で、第1実施形態のトルクセンサと異なっている。中空シャフト内の内部空間は、磁束を除外するのに役立ち、これによって、トルク38によって誘導された歪みが大きく且つ磁束検出器18に近い場所であるトルク軸線の半径方向外方に、誘導磁界を集中する。更に、中空シャフトには、振じり力による応力が中実シャフトよりも均等に変わる。

【0029】図4は、第2実施形態の二つの磁束検出器18の電気的相互接続を示す。ここに示すように、磁束検出器18は直列に接続されている。更に、接続は、磁束によって二つの磁束検出器に誘導された電流が互いに加算されるようになされる。これは、シャフト16の外面に沿って見たときに同じ極性の端子を互いに周方向に隣接して配置したときに達成される。この接続方法は、周方向で隣接した検出器の逆の極性の端子が互いに接続される従来技術と幾何学的に逆である。これは、従来技術では、永久磁界の方向が単一である結果、磁束がシャフトの周方向に亘って単一方向、例えば時計廻り方向、に流れるためである。これとは対照的に、本実施形態では、磁界が磁極によって外部から誘導されるので、二つの周方向磁界成分があり、一方の磁界がシャフトを中心として時計廻り方向に流れ、他方の磁界が反時計廻り方向に流れている。

【0030】図5は、本発明の第3実施形態によるトルクセンサを示す。構成は、永久磁石10及び12、磁束検出器18、及びシャフト16に関して第1実施形態とほぼ同じである。しかしながら、第3実施形態ではシャフト16の設計が異なる。磁歪材料のみからなるシャフトの代わりに、シャフト16の主本体40は磁歪材料でない材料でできている。主本体40は、中実であるように示してあるが、中空又は任意の他の内部構造であってもよい。永久磁石10及び12と隣接してシャフトの主本体40の外面に、磁歪材料36の層が設けられている。この構造は、上述の中空シャフト構成と同様に、誘導磁界の集中を引き起こす。即ち、トルク38が最も高く且つ磁束検出器と近接したシャフトの外部分に誘導磁

界を集中させる。

【0031】一例では、磁歪層 36 の厚さは 1.5 mm であり、従来の熱溶射プロセスによって付着させる。ワイヤフレーム溶射が適している。このプロセスには、純金属又は合金ワイヤを酸素及び燃料でスパッタリングする工程が含まれる。最大 5 mm までの厚さの層ならば熱溶射で困難なく形成できる。より薄い層が望ましい場合には、従来の電気めっきが用いられる。最大 0.1 mm までの厚さの層は、電気めっきによって問題なく提供できる。

【0032】図 6 は、本発明の第 4 実施形態によるトルクセンサを示す。構成は、永久磁石 10 及び 12、磁束検出器 18、及びシャフト 16 については、第 1 実施形態とほぼ同じである。しかしながら、第 4 実施形態では、更に別のシャフト設計を使用する。シャフト 16 は、マレージング NiFe 合金等の磁歪材料でできた主本体 32 を含む。主本体 32 の外面上には、シャフトの実効領域に、低透磁率材料層 34 が配置される。本例では、低透磁率層は、典型的には厚さが 0.5 mm 乃至 1 mm のアルミニウムでできている。低透磁率層 34 は、熱溶射又は電気めっきによって形成できる。低透磁率層 34 上には、磁歪材料層 36 が配置される。本例では、磁歪層 36 は、代表的な厚さが 0.5 mm 乃至 5 mm の Ni-Fe 合金でできている。磁歪層 36 は、溶射又は電気めっきによって付着できる。低透磁率層 34 の目的は、外部誘導磁界がシャフトの磁歪材料製主本体 32 に侵入しないようにすることである。換言すると、層 34 は活性外磁歪層 36 をシャフトの主本体から絶縁する。さもなければ、シャフトの主本体は、その磁歪性により、誘導磁界パターンの影響を強く受けてしまうであろう。これにより、磁歪性であるシャフトの主本体の材料は、センサの性能を大幅に変えることなく選択できる。シャフトの主本体は必ずしも中実でなくてもよく、中空又は任意の他の内部構造を備えることができる。

【0033】図 7 は、本発明の第 5 実施形態によるトルクセンサの断面図である。トルクセンサ 8 は、磁性体製リング 30 の半径方向内側に配置されており且つこのリングによって所定の場所に保持された四つの永久磁石 10、12、10'、及び 12' を含む。これらの永久磁石が発生する磁界 22 は、リング 30 によって閉じ込められる。磁石は、周方向で隣接した磁石がシャフト 16 に向いて並ぶ互いに反対極性の磁極 11、13、11'、13' を持つように、配置される。なお、これらの磁石は 90° の等しい角度間隔で配置されているが、この角度間隔は必然的なものではなく、変更できる。この構成では、磁束は主にシャフト 16 の半径方向外側領域を透過する。これにより、中空シャフトを使用すること又は磁束除外非磁性層を設けることのいずれかによって中央領域から磁束を除外する上記実施形態と同様の効果が得られる。本実施形態は、単純な中実シャフトで、

磁束をシャフトの半径方向外側部分に所望の通りに集中させることができる点で更に有利である。

【0034】トルクセンサには、シャフト 16 のトルクに起因する磁束成分を計測するために、周方向で永久磁石 10、12、10'、及び 12' 間に配置された 4 つの磁束検出器 18 が設けられている。これらの磁束検出器 18 は、リング 30 によって所定の場所に便利に保持される。磁束検出器 18 の数を増やすことによって、例えばシャフト又は取り付けの偏心によるシャフトの外面と磁束検出器との間の距離の変化により生じる信号の変動を、シャフトのより小さな回転によって補償できる。これは、シャフトが迅速に回転することはなく一回転以下の小さな角度回転によってのみトルクが加えられる用途において有利である。このような用途の一例は、ロック状態からロック状態までの回転が約 1 回転である自動車のステアリングコラムである。第 5 実施形態の別の特徴は、一つの永久磁石 12' と隣接して、シャフトに向いた磁極 13' とシャフトとの間の空隙に、追加の磁束検出器 19 を配置することである。磁束検出器 18 との混同を避けるため、以下、磁束検出器 19 を磁力監視用磁束検出器と呼び、磁束検出器 18 をトルク感知用磁束検出器と呼ぶ。磁力監視用磁束検出器は、永久磁石 12' がシャフト 16 に供給する励起エネルギーの独立した計測値を提供するのに役立つ。かくして、例えば温度変動又は永久磁石の経時変化による、永久磁石により供給された磁界 22 の強さの摂動を、トルク感知用磁束検出器 18 の出力信号から除外できる。磁力監視用磁束検出器 19 は、任意の永久磁石と隣接して配置できる。更に、多数の磁力監視用磁束検出器を設けてもよく、例えば各活性磁極について一つづつ設けてもよい。

【0035】図 8 は、第 5 実施形態の四つの磁束検出器 18 の電氣的相互接続を示す。図示のように、磁束検出器 18 は直列に接続されている。更に、接続は、磁束により四つの磁束検出器に誘導された電流を互いに加算するようになされている。これは、シャフト 16 の外面に亘って見たときに同じ極性の端子を互いに周方向で隣接して配置した場合に得られる。この接続方法は、第 2 実施形態と関連して上述した従来技術の接続とは幾何学的に逆である。

【0036】図 9 は、本発明の第 6 実施形態によるトルクセンサの断面図である。この実施形態は、第 1 実施形態と類似しているが、シャフト 16 に磁界を誘導するために永久磁石の代わりに電磁石 60 及び 62 を使用する点で異なる。トルク感知用磁束検出器 18 の他に磁界監視磁束検出器 19 が設けられている。この磁界監視磁束検出器 19 は、トルク感知用磁束検出器 18 が発生する信号を受動的に補償するため並びに又はその代わりに、図 10 に示すように、電磁石が発生する磁界を制御するために使用できる。

【0037】図 10 は、第 6 実施形態のトルクセンサ



を、関連した電磁石制御システムとともに示すブロック概略図である。電磁石 60 が発生した磁界 22 の強さの変化を磁力監視用磁束検出器 19 によって検出する。磁力監視用磁束検出器 19 は、電磁石 60 の瞬間的磁界の大きさを示す出力信号を制御回路 42 に供給する。次いで、制御回路 42 は、電磁石の電源 44 を制御することによって電磁石 60 及び 62 のコイルに供給される出力を制御する。従って、電磁石に供給される電力をフィードバックループで安定化させることができる。

【0038】上述の実施形態のうちの任意の実施形態において、磁束検出器 18 の数を他の実施形態と関連して説明されているように変えて別の変形例を提供してもよい。更に、上述の実施形態のうちの任意の実施形態において、一つ又はそれ以上の磁力監視用磁束検出器を設けてもよく、例えば磁力監視用磁束検出器を一つだけ設けてもよく、又は磁力監視用磁束検出器を各活性磁極について一つづつ設けてもよい。

【0039】図 11 は、本発明の第 7 実施形態による磁歪トルクセンサの断面図である。磁歪センサ 8 は磁歪材料製のシャフトを含むが、このシャフト自体が永久的に磁化されることはない。シャフトは中実シャフトとして示してあるが、上述の実施形態において述べられた任意のシャフト設計を使用できる。例えば長さ 20 mm の一つの永久磁石 110 が、その N 極-S 極軸線がシャフト 16 の周囲に対して接線方向に延び且つシャフト 16 の主回転軸線に対して垂直方向に延びるようにシャフト 16 の表面と隣接して配置されている。(接線方向及び垂直方向に正確に整合している必要はないが、整合はこのような基準にほぼ倣ってなされるべきである。例えば、接線方向角度は、1°、2° 又はそれ以上変化していてもよく、垂直方向整合は、1°、2°、30°、40° 又はそれ以上変化していてもよい。) この構成は、シャフト 16 の周囲に一对の互いに反対極性の磁極が配置された点で上述の実施形態で共通しているが、磁石のシャフトに関する整合に関し、上述の実施形態と異なる。永久磁石 110 は、アルミニウム等の非磁性体製の磁石ホルダ 112 によって磁束リング 30 に保持される。磁束リング 30 は、鋼又は他の磁性体製であるのがよい。磁束リング装置は、第 2 実施形態の磁性体製リングと同様である。

【0040】センサ 8 には、永久磁石 110 に対して ±90° で配置された一对の磁束検出器 18 が設けられている。これらの検出器は、シャフトの回転軸線に沿って見た断面で 180° 離間している。換言すると、これらの磁束検出器 18 は、シャフト 16 の両側で互いに半径方向で向き合って配置されている。磁束検出器 18 は、好ましくは、飽和コイル検出器であるが、上述の実施形態に関して論じたように、他の検出器を使用してもよい。

【0041】磁束リング 30 は、磁束検出器 18 用の磁

気シールドとして作用する。従って、外部磁石又は磁界が装置の性能に及ぼす影響を無視できる。図 12 は、コイル検出器を直列に接続する方法を示す。この接続方法を図 4 に示す第 2 実施形態の接続方法と比較する。本接続方法は、シャフト 16 の表面に誘導された磁界が図 11 に示すようにシャフト表面の大部分に亘って単一方向性で流れ、永久磁石 110 の直近のシャフト表面のほんの小さな部分だけで磁束が周方向逆方向に流れるため、第 2 実施形態の接続方法と異なる。

【0042】シャフト 16 の軸線に対して垂直な軸線に沿ってシャフト表面に対して接線方向に整合した互いに反対極性の磁極によって磁界を誘導する第 7 実施形態の構成には幾つかの利点がある。単純な一つの棒磁石でトルクセンサを形成でき、これによってコストを削減できる。誘導磁界をシャフト 16 の外部分に集中することによって、おおきな周方向磁化が得られる。これは、上掲の実施形態で説明した多数の磁石を備えた構成と比較して差界 (differential field) の量を減少する。一つの磁石が誘導する磁束を計測するために多数の磁束検出器を使用することにより、回転による信号の摂動を減少でき、感度に対する摂動の比が増大する。一对のコイルが互いに直径方向に向き合って、即ち互いに対して 180° で配置された例示の構成は、摂動を最大に減少する。(勿論、検出器対は、大きな範囲に亘って互いに異なる角度で配置できるが、それらの角度位置が 180 度から離れると摂動の相殺が小さくなるものと考えられる。勿論、一つの磁束検出器だけ使用することもできるが、その場合には摂動の相殺がなされない。)

第 7 実施形態の一例では、磁束検出器回路からの出力を、ゼロトルク状態で 2.5 V に設定する。トルクがシャフト 16 に加わると、周方向で整合した結晶のイーザードメイン (easy domains) が強制的に回転される。次いで、これによりコイルの磁束が変化する。そして、磁束検出器回路からの出力が変化し、加えられたトルクと正比例して電圧が変化する。

【0043】図 13 は、第 7 実施形態の磁歪トルクセンサの概略斜視図である。前述したように、単一の永久磁石 110 が磁歪シャフト 16 と隣接して配置されており、一方の磁束検出器 18 は、シャフト軸線に沿って永久磁石 110 から 90° ずらしてシャフトの軸線に沿って配置されていることがわかる。永久磁石 110 によって誘導された周方向磁界線 22 もまた示してある。

【0044】第 1 乃至第 6 実施形態と関連して論じた変形例の多くを第 7 実施形態の設計に合わせることができる。詳細には、永久磁石に代えて電磁石を使用でき、種々の様々な種類の磁束検出器を使用でき、追加の磁力監視用磁束検出器を設けることができる。このような変更に加え、第 7 実施形態では一つの永久磁石を使用するのが好ましいけれども、シャフト軸線と永久磁石の N-S



軸線との間で主に垂直方向に整合した状態の多数の永久磁石を使用できる。

【0045】図14は、本発明の第8実施形態による磁歪トルクセンサの斜視図である。磁歪センサ8のシャフト16は、磁歪材料製であるがそれ自体が永久的に磁化されることはない。このシャフト16は中実シャフトとして示してあるが、上掲の実施形態を参照して論じた任意のシャフト設計を使用できる。図中にゾーンAとして示すシャフトに沿った第1長部分即ち第1ゾーンには、例えば長さ20mmの第1永久磁石110Aが、そのN-S軸線がシャフト16の周囲に対して接線方向に延び且つシャフト16の主回転軸線に対して垂直方向に延びるように、シャフト16の表面と隣接して配置されている。シャフトは、図中にゾーンBとして示す、第1長部分Aと軸線方向に隣接したシャフトに沿った第2長部分即ち第2ゾーンを有し、このゾーンには、第2永久磁石110Bが配置されている。第2永久磁石110Bは、そのN-S軸線がシャフト16の周囲に対して接線方向に延び且つシャフト16の主回転軸線に対して垂直方向に延びるように、シャフト16の表面と隣接して配置されている。しかしながら、第2永久磁石110Bの磁極は、第1永久磁石110Aとは逆に配置されており、そのため、二つの永久磁石は、逆方向、即ち時計廻り方向及び反時計廻り方向、の周方向磁界をゾーンA及びBの夫々に誘導する。ゾーンA及びBには、永久磁石110A及び110Bに対して±90°離間して配置されシャフト16の回転軸線に沿って見た断面で180°離間して配置された磁束検出器18A及び18Bからなる対が夫々設けられている。各対の磁束検出器の一方だけが図中に示してあるが、構成は、第7実施形態を参照して理

解されよう。かくして、各ゾーンは、第7実施形態と関連して説明したように、磁束リング（図示せず）に固定されたそれ自体の磁石及び磁束検出器を有する。所望であれば、別の装置も加えることができる。

【0046】第8実施形態の複数ゾーン構成は、スプリアス磁界を相殺するのに役立つ点で有利である。このような構成でない場合には、スプリアス磁界は、シャフト16の端部に存在する。

【0047】図15は、本発明を具体化したトルクセンサ8が内部に配置された自動車のギヤボックスの断面図である。トルクセンサ8は、主シャフト80の周囲に配置される。クラッチ82もまた示してある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態による磁歪トルクセンサの概略図である。

【図2】第1実施形態の磁歪トルクセンサを示す断面図である。

【図3】本発明の第2実施形態による磁歪トルクセンサの断面図である。

【図4】図3の二つの磁束検出器間の相互接続を示す図である。

【図5】本発明の第3実施形態による磁歪トルクセンサの概略図である。

【図6】本発明の第4実施形態による磁歪トルクセンサの概略図である。

【図7】本発明の第5実施形態による磁歪トルクセンサの概略断面図である。

【図8】図7の四つの磁束検出器間の相互接続を示す図である。

【図9】本発明の第6実施形態による磁歪トルクセンサの概略断面図である。

【図10】第6実施形態で磁界を制御するために使用されるフィードバックシステムの概略ダイアグラムである。

【図11】第7実施形態による磁歪トルクセンサの断面図である。

【図12】第7実施形態による磁束検出器間の相互接続を示す図である。

【図13】第7実施形態の磁歪トルクセンサの概略斜視図である。

【図14】第8実施形態による磁歪トルクセンサの概略斜視図である。

【図15】本発明を具体化したトルクセンサを持つ自動車のギヤボックスの断面図である。

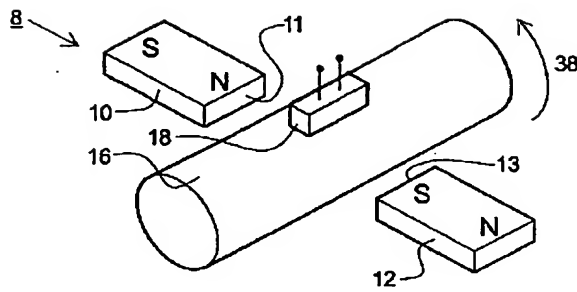
【図16】米国特許第5,351,555号による従来技術の磁歪トルクセンサの概略図である。

【図17】WO99/21150による従来技術の磁歪トルクセンサの概略図である。

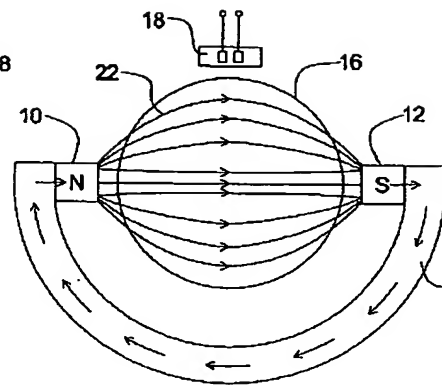
#### 【符号の説明】

8	磁歪センサ	10	永久磁石
11	磁極	12	永久磁石
13	磁極	16	磁歪シャフト
18	磁束検出器	20	磁気ループ
22	磁束通路	38	トルク

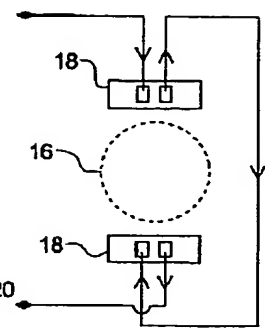
【図 1】



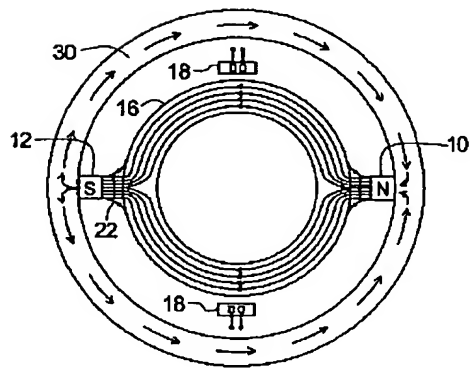
【図 2】



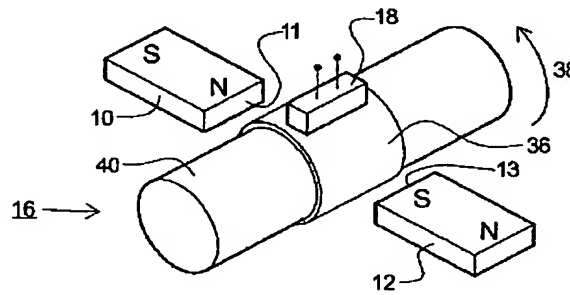
【図 4】



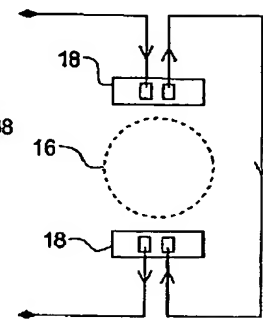
【図 3】



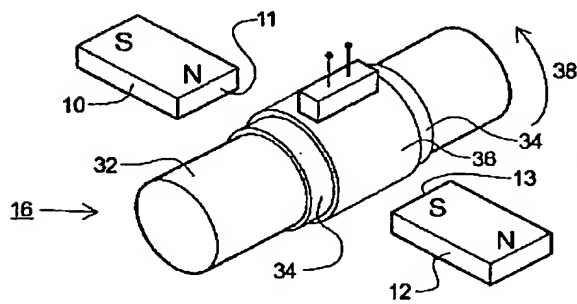
【図 5】



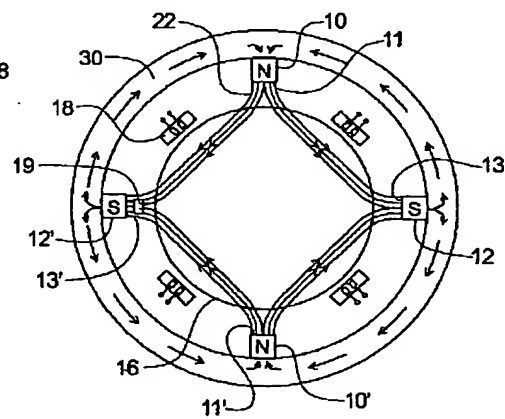
【図 1 2】



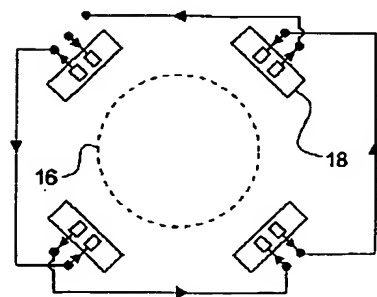
【図 6】



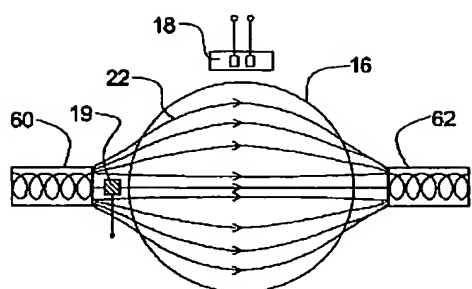
【図 7】



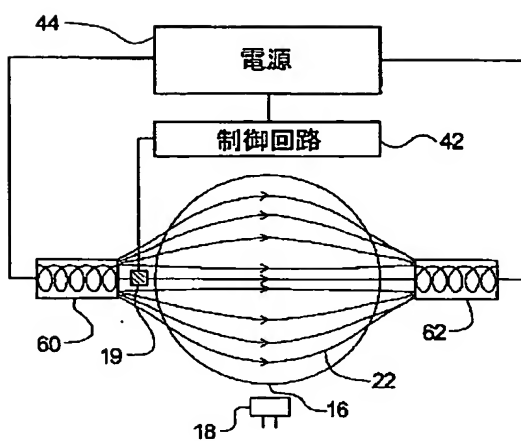
【図 8】



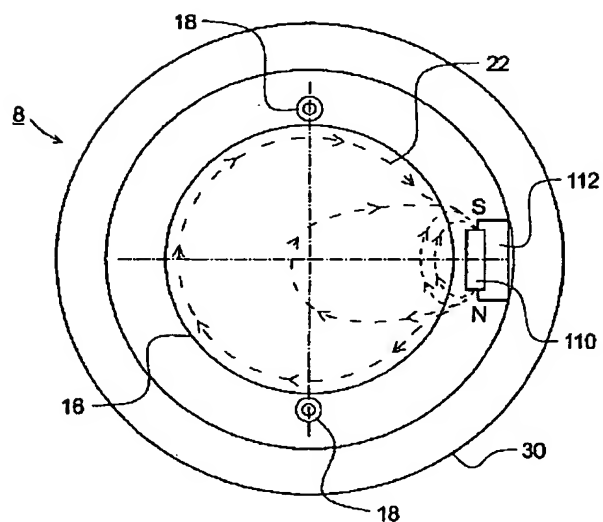
【図 9】



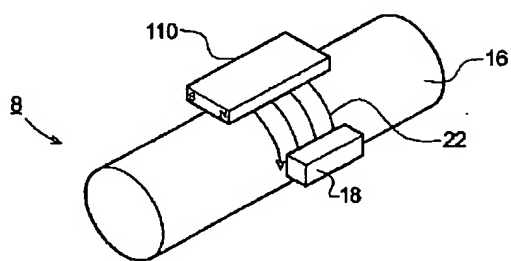
【図 10】



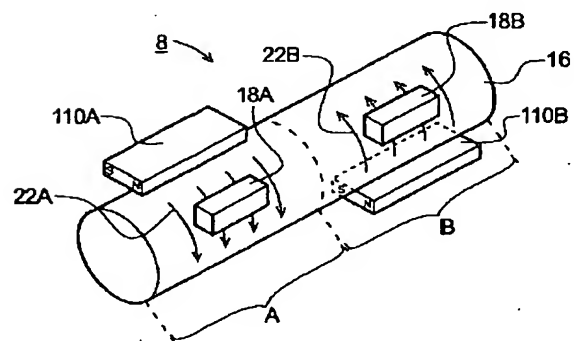
【図 11】



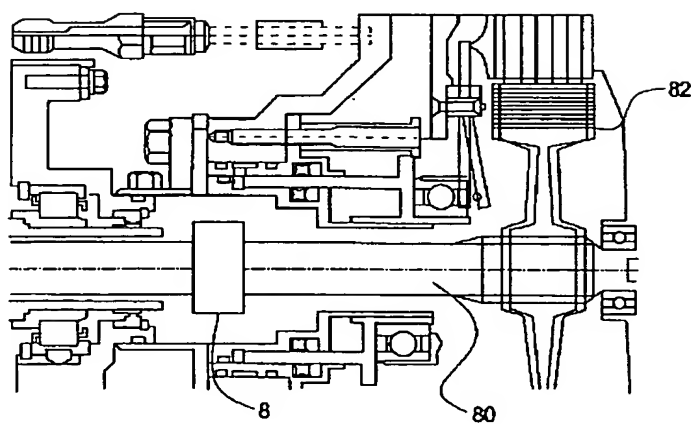
【図 13】



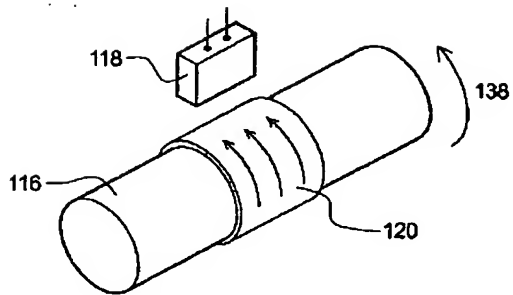
【図 14】



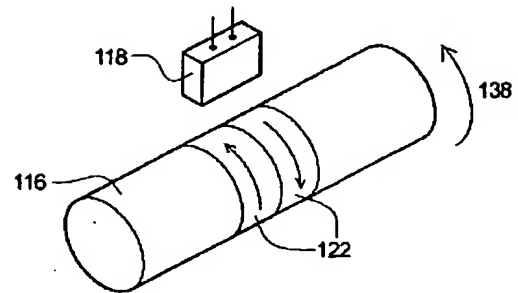
【図 15】



【図 16】



【図 17】



フロントページの続き

(72)発明者 アブドルレザ・チェシュメドゥースト  
イギリス国ミドルセックス エイチエイ  
4・6エイチジー, ルイスリップ, クロー  
ジャー・ウェイ 1

(72)発明者 ブライアン・ジョンソン  
イギリス国コーンウォール ピーエル12・  
4ディーアール, サルタシュ, カルバー・  
ロード 28, グリーンバンク・ハウス  
Fターム(参考) 3D030 DC27